



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 680022 A5

⑤① Int. Cl.⁵: G 01 N 27/403
G 01 N 33/38

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 3972/89

⑦③ Inhaber:
Helbling Ingenieurunternehmung AG, Zürich

㉔ Anmeldungsdatum: 03.11.1989

⑦② Erfinder:
Müller, Reinhard O., Dr., Baden

㉔ Patent erteilt: 29.05.1992

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 29.05.1992

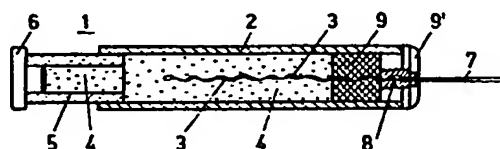
⑦④ Vertreter:
PPS Polyvalent Patent Service AG, Baden 2

⑤④ Bezugselektroden-Anordnung zur Bestimmung des elektrochemischen Potentials, Verfahren zur Herstellung und Verwendung der Anordnung.

⑤⑦ Eine Bezugselektroden-Anordnung (1) mit einem Feststoffelektrolyten (4) wird beschrieben. Dieser besteht im wesentlichen aus einem Gehäuse (2) mit einer Ionenpermeablen Wand (5) und einer Metall-Elektrode (3), die vom Elektrolyten (4) umgeben ist.

Verfahrensgemäss lassen sich die Bezugselektroden-Anordnungen durch einfaches Einfüllen des Elektrolyten in das Gehäuse (2) serienmässig oder vor Ort herstellen.

Bevorzugt ist die Verwendung der Elektroden zur Bestimmung der Potentialunterschiede in bewehrten Bauteilen, um diese optimal und vorbestimmbar kathodisch zu schützen.



CH 680022 A5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Bezugselektroden-Anordnung mit einem eine metallische Elektrode umgebenden Elektrolyten zur Bestimmung des elektrochemischen Potentials und ein Verfahren zur Herstellung solcher Anordnungen sowie ihre Verwendung zur Messung des Potentials.

Die heute vorhandenen Bezugselektroden (nach DIN 50 927 und W.v.Baeckmann, W. Schwenk und W. Prinz, «Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes» 3. Auflage, 1989 Seite 76, Tab. 3.1) sind für den Einsatz in wässrigen Elektrolytlösungen ausgelegt und haben sich bei einem Langzeiteinsatz in Beton nicht bewährt. Der Elektrolyt dieser bekannten Bezugselektroden besteht aus Kaliumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumsulfat oder Kupfersulfat, ist nicht hygroskopisch und trocknet dementsprechend mit der Zeit ein. Als Folge werden die Bezugselektroden hochohmig; es entstehen gravierende Messfehler.

Zudem reagiert das Sulfat der Bezugselektrode mit dem in Beton vorhandenen Calcium zu Gips, der das ionendurchlässige Diaphragma der Elektrode verstopft. Ein Chlorid enthaltender Bezugselektroden-elektrolyt ist ebenfalls ungeeignet für einen Einsatz in Beton, da das Chlorid aus der Elektrode hinaus diffundiert, den Beton kontaminiert und somit die Korrosionsgefährdung der Bewehrung erhöht.

Die Aufgabe der Erfindung besteht insbesondere darin, Bezugselektroden-Anordnungen zu schaffen, deren Elektrolyt auch bei tiefen Feuchtigkeitswerten nicht austrocknet und welche sich auch für den Einsatz in Betonbauten eignen.

Die vorgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Elektrolyt aus einem Feststoffgemisch mit darin eingelagerten Wassermolekülen besteht.

Das Verfahren zur Herstellung einer solchen Bezugselektroden-Anordnung umfasst in einem ersten Verfahrensschritt ein Vermischen der schwer wasserlöslichen Metallsalze, in trockenem Zustand, mit Kaliumcarbonat und Bentonit, in einem zweiten Verfahrensschritt wird dieses Gemisch in ein Elektrodengehäuse zusammen mit der Metall-Elektrode eingesetzt und verdichtet, in einem dritten Verfahrensschritt wird das Gemisch mit Wasser befeuchtet und in einem vierten Verfahrensschritt wird die im Gemisch eingeschlossene Luft evakuiert und das Gehäuse versiegelt.

Für ihre Verwendung wird die Bezugselektroden-Anordnung in eine dafür vorbereitete Öffnung in Beton angeordnet und an sich bekannte Messgeräte (z.B. mV-Meter und/oder Registriergeräte der Firma Philips) angeschlossen.

Ein weiteres Verfahren zum direkten Einbau von Bezugselektroden-Anordnungen ist dadurch gekennzeichnet, dass in dem zu messenden und/oder zu überwachenden Körper eine Bohrung erstellt wird, in welche ein Rohr eingeführt wird, welches die Wandung der Bohrung zumindest teilweise abdeckt, und dass in einem weiteren Verfahrensschritt das Feststoffgemisch und die Metall-Elektrode eingesetzt werden.

Bevorzugte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstands sind in abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Besonders vorteilhaft hat sich, gemäss Anspruch 2, ein Elektrolyt aus einem Feststoffgemisch aus hygroskopischen Verbindungen und aus Bentonit erwiesen.

Die in Anspruch 3 aufgeführten hygroskopischen Verbindungen haben sich als Bestandteile des Elektrolyten der Bezugselektroden-Anordnung durch ihr gutes Langzeitverhalten bewährt.

Daraus ergibt sich ein weiterer Vorteil, der Elektrolyt ist bis zu einer relativen Feuchte von weniger als 50% flüssig oder weist zumindest eine flüssige Phase auf und gewährleistet damit den Ionentransport einwandfrei.

Besonders vorteilhaft sind solche Elektrolyte durch ihre Alkalinität, die eine gute Kompatibilität mit der Porenflüssigkeit des Betons ergeben.

Als vorteilhaft haben sich die Metall-Elektroden, gemäss Anspruch 4, erwiesen.

Für den Elektrolyten, als Redoxpaar, sind Gemische mit schwer wasserlöslichen Salzen der Kationen der Metall-Elektrode, gemäss Anspruch 5, geeignet.

Bevorzugt sind folgende Kombinationen von schwer wasserlöslichen Salzen und Hydroxiden in Verbindung mit Metall-Elektroden, gemäss Anspruch 6:

Zinkoxalat und Calciumoxalat in Verbindung mit Zink als Metall-Elektrode. Bleioxalat, Bleicarbonat, Bleisulfat, Calciumsulfat oder Calciumhydroxid in Verbindung mit Blei Metall-Elektrode. Silbercarbonat oder Silberchlorid mit Bleichlorid in Verbindung mit Silber Metall-Elektrode. Zinnhydroxid und Calciumhydroxid in Verbindung mit Zinn Elektrodenmetall und/oder Zinn-Blei Legierung Metall-Elektrode. Kupferhydroxid und Calciumhydroxid in Verbindung mit Kupfer Metall-Elektrode.

Im Gegensatz zu den bekannten Bezugselektroden mit wasserlösliches Sulfat und Chlorid enthaltenden Elektrolyten stören die genannten schwer wasserlöslichen Chlorid- und Sulfat-Verbindungen, Bleisulfat, Bleichlorid und Silberchlorid nicht, da ihre Löslichkeitsprodukte sehr klein sind.

Als Ionenpermeable Wand, gemäss Anspruch 7, sind besonders geeignet ungebrannter Ton, ungebranntes Porzellan, ausgehärtete Portlandzementpaste mit ausreichendem Porenvolumen, oder ausgeleagtes, poröses Glas.

Das Diaphragma aus Ton eignet sich besonders für die Herstellung von in Beton vorgesehenen Bezugselektroden-Anordnungen, da es mit Beton gut kompatibel ist.

Das Verfahren nach Anspruch 8 hat sich als sehr wirtschaftlich erwiesen und erlaubt die Konstruktion von einfach gestalteten und daher leicht auswechselbaren Bezugselektroden-Anordnungen.

Besonders kostengünstig und auch zur Bestimmung des elektrochemischen Potentials von Metallstrukturen in noch unbebauten Grundstücken oder elektrischen Feldern in unbebauten Grundstücken geeignet ist das Verfahren nach Anspruch 9.

Die Verwendung der Bezugselektroden-Anordnung, gemäss Anspruch 10, in Betonbauten erlaubt das elektrochemische Potential der Bewehrung zu messen, und dient zur experimentellen Bestimmung des einzuspeisenden Schutzstromes für einen dauerhaften kathodischen Schutz.

In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes schematisch dargestellt.

Es zeigt:

Fig. 1 eine auswechselbare Bezugselektroden-Anordnung für den Einbau in Betonbauten, im Längsschnitt,

Fig. 2 eine napfförmige ionenpermeable Wand einer Bezugselektroden-Anordnung,

Fig. 3 eine Variante zu Fig. 2, eine aufsetzbare Wand und

Fig. 4 eine fest eingebaute Bezugselektroden-Anordnung in einem zu messenden Medium.

In der Fig. 1 ist eine Bezugselektroden-Anordnung mit 1 bezeichnet. Sie besteht aus einem Gehäuse 2, einem Kunststoffrohr, welches an einem Ende mit einer ionenpermeablen Wand 5 mit einem endseitigen Verschlusszapfen 6 abgeschlossen ist. Am anderen Ende ist im Gehäuse 2 eine gewellt ausgebildete Elektrode 3 mit ihrem zweiteiligen Elektrodenkopf 9, 9' zentrisch eingesetzt. An die Elektrode 3 ist an einer Anschlussstelle 8 ein Elektrokabel 7 angeschweisst.

Gefüllt ist das Ganze mit einem Feststoffelektrolyten 4 und mit Epoxidharz (Handelsmarke Araldit, Ciba-Gelby AG, Basel) versiegelt.

Die ionenpermeable Wand besteht aus ungebranntem Ton, der Verschlusszapfen 6 aus Polyvinylchlorid, das Gehäuse aus Polyäthylen, der innere Teil 9 des Elektrodenkopfs aus Silikongummi, der äussere Teil 9' besteht ebenfalls aus Polyäthylen.

Das Metall der Elektrode 3 ist Zinn; der Elektrolyt 4 besteht aus 2 g Bentonit, 5 g Kaliumcarbonat, 1 g Calciumhydroxid und 0,5 g Zinnhydroxid. Die Gesamtlänge der Bezugselektroden-Anordnung 1 ist 200 mm; ihr grösster Durchmesser beträgt 8 mm.

Als beispielhafte Ausgestaltung von ionenpermeablen Wänden gelten die Darstellungen Fig. 2 und Fig. 3.

Die napfförmige Wand 5a besteht aus ungebranntem Ton und lässt sich in einfacher Weise in das Innere eines rohrförmigen Gehäuses einsetzen. Die weitere Wand 5b besteht aus ungebranntem Porzellan und wird mit ihrer grössten Öffnung von aussen auf ein Gehäuse aufgesetzt und mit diesem stirnseitig verklebt.

Aufgrund der Feststoffeigenschaften des Elektrolyten lassen sich Referenzelektroden auch in einfacher Weise vor Ort und/oder bei vorfabrizierten Betonelementen herstellen.

Gemäss Fig. 4 werden in das zu messende Medium – hier Beton 10 mit Bewehrungen 11 – Bohrungen 12 (Sacklöcher von definierten Abmessungen) angebracht, in welche über eine sonst für Dichtmassen vorgesehene Presse der Elektrolyt 4 eingedrückt wird. Anschliessend erfolgt das Einsetzen eines Rohres 2' in eine vorgegebene Tiefe. Mittels eines als Elektrodenkopf 9' dienenden Zapfens wird die Bohrung bündig verschlossen und durch eine zentrale, nicht gezeichnete Öffnung im Zapfen 2' eine bohrerartige Elektrode 3' mit ihrer Spitze 3'' eingedreht. Im Schaftende der Elektrode 3' ist ein Elektrokabel 7 galvanisch leitend eingesetzt.

Die vorstehend aufgezeigten Elektroden werden für qualitative Messungen nicht geeicht oder in Verbindung mit auswechselbaren, in ihrer Nähe vorgesehenen, Referenzelektroden abgeglichen.

Es folgen einige bevorzugte Beispiele zur Erstellung von Bezugselektroden-Anordnungen.

Beispiel 1

Es werden 1 g Bleisulfat, 1 g Calciumsulfat und 5 g Kaliumcarbonat trocken, in einem Mörser, zu einem feinen Pulver gemischt, in das Elektrodengehäuse zusammen mit einem Blei-Elektrodenmetall eingefüllt und fest geklopft, um die Masse zu verdichten. Anschliessend wird die Masse mit einer Kaliumcarbonatlösung befeuchtet, durch Evakuieren luftfrei gemacht und mit Epoxidharz versiegelt. Danach werden die Kabelverbindung 8 und der Aufsatz des Elektrodenkopfes 9 in bekannter Weise ausgeführt.

Beispiel 2

Es werden 1 g Calciumhydroxid, 0,5 g Zinnhydroxid, 2 g Bentonit und 5 g Kaliumcarbonat trocken, in einem Mörser, zu einem feinen Pulver gemischt, in das Elektrodengehäuse zusammen mit einer Zinn-Metall-Elektrode eingefüllt und fest geklopft, um die Masse zu verdichten. Anschliessend wird die Masse mit einer Kaliumcarbonatlösung befeuchtet, durch Evakuieren luftfrei gemacht und mit Araldit versiegelt. Danach werden die Kabelverbindung 8 und der Aufsatz des Elektrodenkopfes 9 ausgeführt.

Beispiel 3

1 g Kupferhydroxid, 5 g Kaliumcarbonat, 1 g Calciumhydroxid und 2 g Bentonit werden trocken, in einem Mörser, zu einem feinen Pulver gemischt, in das Elektrodengehäuse zusammen mit einer Kupfer-Metall-Elektrode eingefüllt und fest geklopft, um die Masse zu verdichten. Anschliessend wird die Masse mit einer Kaliumcarbonatlösung befeuchtet, durch Evakuieren luftfrei gemacht und mit Araldit versiegelt. Anschliessend werden die Kabelverbindung 8 und der Aufsatz des Elektrodenkopfes 9 ausgeführt.

Beispiel 4

Es werden 5 g Kaliumcarbonat, 1 g Calciumhydroxid, 0,5 g Silbercarbonat und 3 g Bentonit trocken, in einem Mörser, zu einem feinen Pulver gemischt, in das Elektrodengehäuse zusammen mit einer Silber-Metall-Elektrode eingefüllt und fest geklopft, um die Masse zu verdichten. Anschliessend wird die Masse mit einer Kaliumcarbonatlösung befeuchtet, durch Evakuieren luftfrei gemacht und mit Araldit versiegelt. Anschliessend werden die Kabelverbindung 8 und der Aufsatz des Elektrodenkopfes 9 in an sich bekannter Weise ausgeführt.

Weitere Beispiele der Elektrolyten für die Bezugselektroden-Anordnungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Elektrolytensysteme

Metall	Elektrolyt
1 Zink	$\text{ZnC}_2\text{O}_4 + \text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Bentonit}$
2 Blei	$\text{PbCO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Bentonit}$
3 Blei	$\text{PbC}_2\text{O}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Bentonit}$
4 Blei	$\text{PbSO}_4 + \text{CaSO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3$
5 Blei	$\text{PbSO}_4 + \text{CaSO}_4 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{NaNO}_3$
6 Sn/Pb	$\text{Sn}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Bentonit}$
7 Zinn	$\text{Sn}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Bentonit}$
8 Kupfer	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Bentonit}$
9 Kupfer	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{KOH} + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Bentonit}$
10 Silber	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Bentonit}$
11 Silber	$\text{AgCl} + \text{PbCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Bentonit}$
12 Silber	$\text{AgCl} + \text{PbCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{Bentonit}$

Die beschriebenen Bezugselektroden-Anordnungen wurden auf ihre Stabilität bezüglich der elektrochemischen Potentiale getestet. Die elektrochemischen Potentialdifferenzen wurden gegen eine Standard Kupfer/Kupfersulfat Bezugselektroden-Anordnung gemessen. In Beanspruchungstests wurden die erfindungsgemässen Bezugselektroden-Anordnungen zudem extremen Bedingungen ausgesetzt. In einer zyklischen Testoperation wurden Potentiale bei 0°C und in siedendem Wasser gemessen. Dazwischen wurden die Bezugselektroden-Anordnungen mit Papier ausgetrocknet, um eingetrockneten Beton zu simulieren. Anschliessend wurden bei 20°C die elektrochemischen Potentiale über 45 Tage verfolgt und gemessen.

Diese Messresultate gegen eine Kupfer/Kupfersulfat Elektrode sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2:
Potentiale, die mit den Bezugselektroden-Anordnungen gegen eine Kupfer/Kupfersulfat-Elektrode gemessen wurden (in neg. mVolt)

Temp.:	20°	100°	0°	20°	20°	20°	20°
Zeit	24 h	25 h	26 h	28 h	480 h	576 h	1080 h
Metall:							
1 Zink	---	1477	1421	1417	1352	1340	1310
2 Blei	---	1020	837	910	955	956	969
3 Blei	992	962	995	966	931	944	932
4 Blei	917	900	846	888	869	856	891
5 Blei	745	755	754	743	797	742	735
6 Sn/Pb	---	1354	1308	1321	1339	1340	1298
7 Zinn	1124	1245	1145	1120	1368	1368	1331
8 Kupfer	482	---	410	408	495	511	431
9 Kupfer	---	380	376	387	363	356	336
10 Silber	254	310	270	276	260	270	283
11 Silber	124	120	108	99	84	89	101
12 Silber	115	82	108	62	115	102	83

Der Erfindungsgegenstand dient als dauerhafte und leicht zur Eichung auswechselbare Bezugselektroden-Anordnung in bewehrten Betonbauten. Er kann aber auch zur Bestimmung von geologischen Verhältnissen in Geländen eingesetzt werden und lässt sich in einfacher Weise den Umgebungsverhältnissen angepasst erstellen und fabrizieren.

Die mechanisch einfache Konstruktion der Bezugselektroden-Anordnung erlaubt, diese gegenüber den Ausführungsbeispielen zu miniaturisieren, insbesondere weil auf komplizierte Dichtungen verzichtet werden kann.

Patentansprüche

1. Bezugselektroden-Anordnung mit einem eine metallische Elektrode umgebenden Elektrolyten zur Bestimmung des elektrochemischen Potentials, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt (4) aus einem Feststoffgemisch mit darin eingelagerten Wassermolekülen besteht.
2. Bezugselektroden-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt (4) ein Feststoffgemisch aus hygroskopischen Verbindungen und Bentonit ist.
3. Bezugselektroden-Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die hygroskopische Verbindung aus festem Kaliumcarbonat, und/oder aus festem Natriumnitrat, und/oder aus festem Kaliumhydroxid besteht.
4. Bezugselektroden-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Metall-Elektrode (3) Zink, Blei, Zinn, Kupfer, Silber und/oder eine Legierung aus diesen ist.
5. Bezugselektroden-Anordnung nach Ansprüchen 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt (4) schwer wasserlösliche Salze der Kationen des der Elektrode (3) entsprechenden Metalls enthält.
6. Bezugselektroden-Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die schwer wasserlöslichen Salze, Oxalate des Zinks, des Calciums oder Bleis, oder Sulfate des Bleis, oder des Calciums, oder Hydroxide des Zinns, des Calciums oder des Kupfers oder Silbercarbonats oder Chloride des Bleis oder Silbers sind.
7. Bezugselektroden-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Elektrodengehäuse (2) vorgesehen ist, welches zumindest partiell mit einer ionenpermeablen Wand (5) versehen ist.
8. Verfahren zur Herstellung einer Bezugselektroden-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Verfahrensschritt die schwer wasserlöslichen Metallsalze, in trockenem Zustand, mit Kaliumcarbonat und Bentonit vermischt werden, dass in einem zweiten Verfahrensschritt dieses Gemisch in ein Elektrodengehäuse zusammen mit der Metall-Elektrode eingesetzt und verdichtet wird, dass in einem dritten Verfahrensschritt das Gemisch mit Wasser befeuchtet und in einem vierten Verfahrensschritt die im Gemisch eingeschlossene Luft evakuiert und das Gehäuse versiegelt wird.
9. Verfahren zur Herstellung einer Bezugselektroden-Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem zu messenden und/oder zu überwachenden Körper eine Bohrung erstellt wird, in

welche ein Rohr eingeführt wird, welches die Wandung der Bohrung zumindest teilweise abdeckt, und dass in einem weiteren Verfahrensschritt das Feststoffgemisch und die Metall-Elektrode eingesetzt werden.

5 10. Verwendung der Bezugs Elektroden-Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, zur Messung des Potentials von bewehrten Betonbauten und zur Bestimmung des einzuspaisenden Schutzstromes in diesen kathodisch geschützten Bauten.

§

§

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

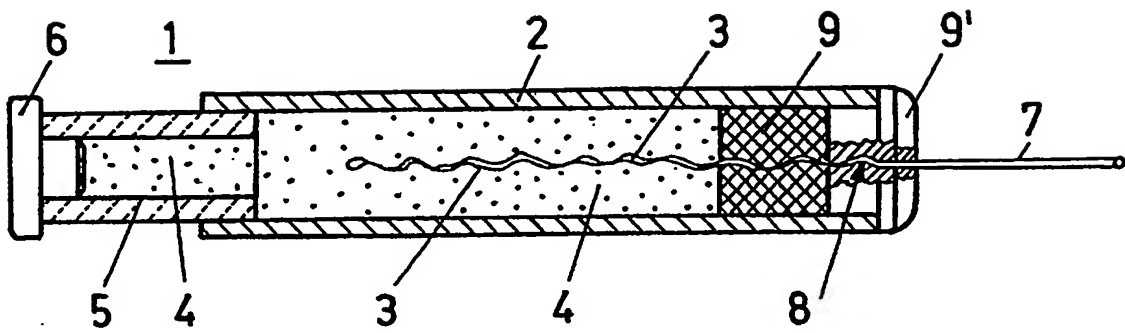


Fig. 1

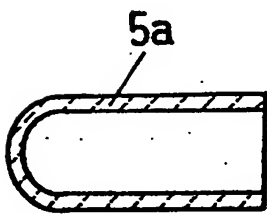


Fig. 2

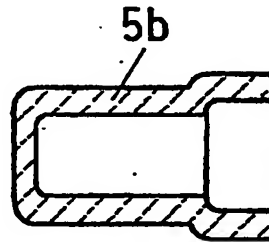


Fig. 3

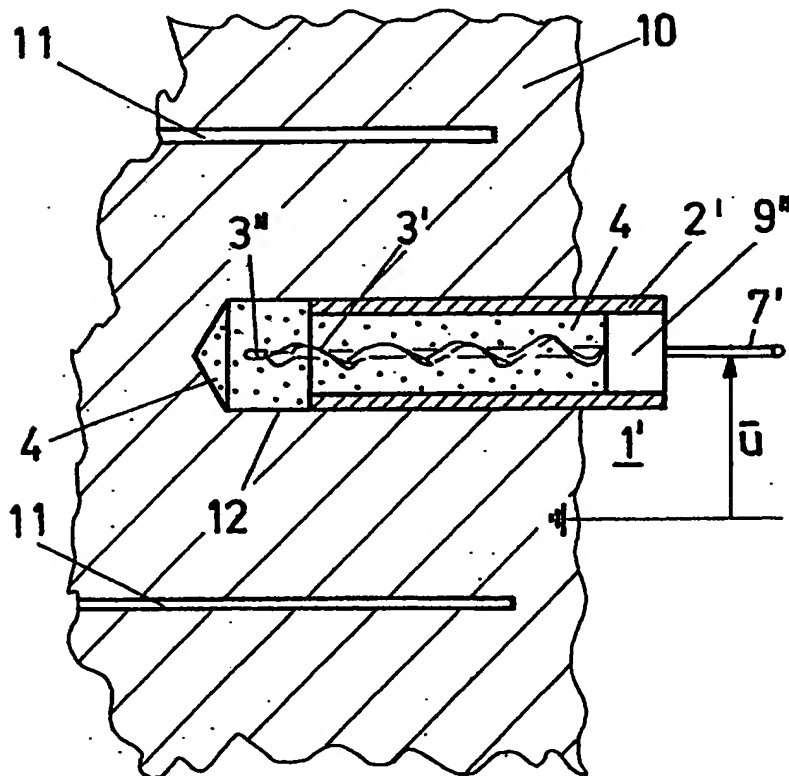


Fig. 4

PUB-NO: CH000680022A5

DOCUMENT-IDENTIFIER: CH 680022 A5

TITLE: Reference electrode with water
embedded in solid electrolyte mixt. - prodn. and use
e.g. for monitoring current for cathodic protection of
reinforced concrete

PUBN-DATE: May 29, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MUELLER, REINHARD O DR

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HELBLING INGENIEURUNTERNEHMUNG

COUNTRY

N/A

APPL-NO: CH00397289

APPL-DATE: November 3, 1989

PRIORITY-DATA: CH00397289A (November 3, 1989)

INT-CL (IPC): G01N027/403, G01N033/38

EUR-CL (EPC): G01N027/30 ; G01N017/02

US-CL-CURRENT: 204/435

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>In a reference electrode
device for measuring
electrochemical potential, the electrolyte surrounding the
metal electrode
consists of a solid mixt. with embedded water mols. Pref.
the electrode

consists of Zn, Pb, Sn, Cu, Ag and/or an alloy of these.

The electrolyte

consists of a solid mixt. of hygroscopic cpds., pref.

K₂CO₃, NaNO₃ and/or KOH,

and bentonite. It also contains hardly water-soluble salts

(I) of the cations

corresp. to the electrode metal, pref. Zn, Ca or Pb

oxalate, Pb or Ca sulphate,

Sn, Ca or Cu hydroxide, Ag carbonate or Ab or Pb chloride.

(Pt. of) the

electrode housing consists of an ion-permeable wall.

USE/ADVANTAGE - The

device is claimed for measuring the potential of reinforced concrete structures

and determining the protective current to be supplied for cathodic protection.

It is also suitable for determining the potential of metal structures or

electric fields before premises are built, does not dry out, even at low

humidity, and can be produced and inserted in the structure under test very

economically.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.